Ueber die Ursache

von

Ebbe und Flut,

und

einige bisher nicht beachtete wahrscheinliche Wirkungen derselben Ursache.

Von

Dr. H. Schröder,

Großh. Bad. Professor der Naturlehre, Director der höheren Bürgerschule und Inspector der Gewerbschule in Mannheim; mehrerer gelehrten Gesellschaften Mitgliede.

Besonders abgedruckt aus dem XXI. Jahresberichte des Vereins für Naturkunde zu Mannheim.

Mannheim.

Bei Friedrich Bassermann.

1855.

§. 1. Das Newton'sche Gravitationsgesetz, oder das allgemeine Gesetz der Schwere, welches in Verbindung mit einigen anderen einfachen Principien der Mechanik hinreicht, alle bis jetzt bekannten, wenn auch scheinbar noch so verwickelten Bewegungen der Himmelskörper zu begreifen und vorauszubestimmen, dieses Gesetz ist es auch, welches die Vorgänge auf der Erde, welche man mit dem Namen der Ebbe und Flut bezeichnet, in ihrer Ursache zu erkennen, und in ihrer allgemeinen Erscheinung vorauszubestimmen ermöglicht hat.

Ich werde daher zunächst versuchen, die Wirkungsweise der allgemeinen Schwerkraft zu verdeutlichen.

§. 2. Jede Masse im Weltraum zieht jede andere Masse im Weltraum mit einer Kraft an, welche der Masse direct, und dem Quadrat der Entfernung verkehrt proportional ist. Eine Kugel zieht einen außerhalb befindlichen Körper gerade so an, als ob die ganze Masse der Kugel in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre.

Nach diesem Gesetze übt z. B. unsre Erde auf einen Stein eine Anziehung aus, welche demselben in einer Secunde eine Fallgeschwindigkeit von etwa 30 Pariser Fußen ertheilt. Da sie ihm dieselbe Geschwindigkeit ertheilen würde, wenn ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte vereinigt wäre, so kann man die Entfernung des Steins von der anziehenden Masse für gleich nehmen

mit seiner Entferung vom Erdmittelpunkte, also gleich dem Erdhalbmesser setzen. Stünde nun ein Körper so weit von der Erde ab, daß er von ihrem Mittelpunkte doppelt so weit als auf der Oberfläche, also zwei Erdhalbmesser, entfernt wäre, so würde die Erde ihm nur noch den vierten Theil der Fallgeschwindigkeit in einer Secunde ertheilen, weil die Anziehung im verkehrten Verhältniß zum Quadrat der Entfernung steht. Stünde ein Körper drei Erdhalbmesser vom Mittelpunkte ab, so würde er nur noch den neunten Theil der Fallgeschwindigkeit, also etwa $3^1/_3$ statt 30 P. F. erlangen u. s. w. Wäre hingegen die Masse der Erde 2, 3 oder 4 mal so groß, als sie wirklich ist, ohne daß die Größe und Gestalt der Erde sich änderte, so würde auf ihrer Oberfläche ein Stein die 2-, 3- oder 4 fache Fallgeschwindigkeit erlangen, weil die Anziehungen den Massen proportional sind.

Da die Masse der Sonne ungefähr 350,000 mal so groß ist, als die Masse der Erde, so fällt die Erde in Folge der allgemeinen Schwerkraft mit einer 350,000 mal so großen Geschwindigkeit zur Sonne, als die Sonne zur Erde fällt. Ungeachtet dieser fortwährenden Anziehung aber fällt die Erde nicht wirklich zur Sonne hin, weil noch eine zweite Kraft, welche man die Fliehkraft nennt, jener Anziehung das Gleichgewicht hält, eine Kraft, welche lediglich eine Folge der Geschwindigkeit der im Weltraum bewegten Erde ist, und welche in Verbindung mit der allgemeinen Schwere bewirkt, daß die Erde in einer regelmäßig gekrümmten Linie, welche man Ellipse nennt, ohne Ende um die Sonne ihre Bahn beschreibt.

Durch die nämlichen zwei sich das Gleichgewicht haltenden Kräfte, nämlich durch die Schwerkraft zur Erde und durch die Fliehkraft in seiner Bahn, wird auch der Mond in stets nahe gleicher Entfernung von der Erde gehalten. Würde die Schwerkraft einen Augenblick aufgehoben, so würde der Mond geradlinig sich fortbewegen, und sich bald in's Unbestimmte von der Erde entfernen; bliebe die Schwerkraft eine Zeit lang allein wirksam, so würde der Mond in gerader Linie gegen den Mittelpunkt der Erde herabfallen.

§. 3. Da die Anziehung der Massen im Weltraum gegenseitig ist, und jede Wirkung eine gleiche Gegenwirkung hervorruft, so

ist der Druck, oder das Gewicht, womit z. B. ein Stein gegen die Erde zu sinken sucht, gerade so groß, als der Druck oder das Gewicht der Erde gegen den Stein. Wir bemerken nur von der letzteren Bewegung, nämlich der Erde gegen den Stein, darum nichts, weil ihre Fallgeschwindigkeit gegen den Stein in demselben Verhältniß zur Fallgeschwindigkeit des Steins gegen die Erde steht, wie die Masse des Steins gegen die Masse des ganzen Erdballs, gegen welche sie zu einer verschwindenden Größe wird; so ist auch die Fallgeschwindigkeit der Erde gegen einen kleinen Körper außer ihr eine verschwindende, völlig unwahrnehmbare Größe.

§. 4. Ehe wir mit Hülfe dieses Gesetzes der allgemeinen Schwere oder Gravitation die Nothwendigkeit der Wirkungen, welche man Ebbe und Flut nennt, begreifen können, müssen wir uns jedoch eine Eigenschaft der Flüssigkeiten verdeutlichen, welche schon Archimedes, der Schöpfer der Mechanik, kennen gelehrt hat. Es ist dies die Eigenschaft der Flüssigkeiten, einen Druck nach allen Seiten hin fortzupflanzen, und jedem Drucke nach irgend einer Richtung, wenn ihm kein gleicher Gegendruck entgegenwirkt, auszuweichen. Hiernach müssen zwei flüssige Säulen, welche durch irgend einen Canal mit einander in Verbindung stehen, sich nothwendig gegenseitig in's Gleichgewicht stellen; es muß von der einen flüssigen Säule so lange zur anderen ein Nachfließen stattfinden, bis die Gewichte beider Säulen gleich sind. Ist z. B. die eine Säule Quecksilber, die andere Wasser, so muß die Wassersäule, um der durch irgend einen Canal mit ihr in Communication stehenden Quecksilbersäule das Gleichgewicht zu halten, $13\frac{1}{2}$ mal so hoch aufsteigen, als die Quecksilbersäule, weil das Quecksilber bei gleicher Höhe mit einem $13\frac{1}{2}$ mal so großen Gewichte auf seine Unterlage drückt, als das Wasser.

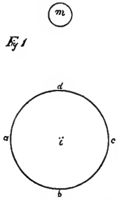
Denkt man sich auf der Erde zwei Meere, welche durch irgend einen Canal mit einander in Verbindung stehen, und denkt man sich die Anziehung, welche die Schwere auf das Wasser des einen Meeres ausübt, um ihren hundertsten Theil vermindert, während das Wasser des anderen Meeres derselben unverändert unterworfen bleibt, so muß aus dem letzteren Meere in das erstere so lange Wasser nachfließen, bis das erstere um den

hundertsten Theil die Höhe des zweiten übertrifft; denn eine Wassersäule von 101 Fuß Höhe des ersten Meeres würde den nämlichen Druck ausüben, als eine Wassersäule von 100 Fuß Höhe des zweiten Meeres.

Denkt man sich ebenso an zwei verschiedenen und weit von einander entfernten Stellen des Weltmeeres selbst, durch eine vorübergehende äußere Ursache, das Gewicht des Wassers an der einen Stelle vermindert, so muß das Wasser von der anderen Stelle jener ersten so lange zufließen, bis durch die höhere Aufstauung des Wassers an dieser Stelle das Gleichgewicht des Drucks wieder hergestellt ist.

§. 5. Genau diese Wirkung einer Verminderung des Gewichts, mit welchem das Wasser des Meeres auf dem Grunde desselben ruht, hat nun aber die Anziehung des Mondes auf die Theile des Meeres, welchen er gerade gegenübersteht.

Fig. 1



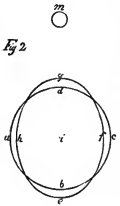
Ist in der That a b c d (Fig. 1) die kugelförmige Erde, i ihr Mittelpunkt, und m der Mond, so zieht derselbe nach dem allgemeinen Gravitationsgesetze alle Theile der Erde im verkehrten Verhältnisse zum Quadrate ihrer Entfernung von seinem Mittelpunkte an. Nun ist die Entfernung m i des Mondes vom Centrum der Erde ungefähr 60 mal so groß, als d i oder der Erdhalbmesser; m d oder seine Entfernung von d ist also nur 59 und m b oder seine Entfernung von b ist 61 mal so groß als d i.

Die Anziehung des Mondes auf die Oberfläche in d zur Anziehung desselben auf den Erdmittelpunkt i verhält sich also wie $\frac{1}{59 \times 59}$ zu $\frac{1}{60 \times 60}$; und um das was die erstere Anziehung mehr ausmacht, als die zweite, wird die Anziehung der Erde selbst auf das an der Oberfläche in d befindliche Wasser und folglich dessen Gewicht vermindert. Ebenso erhält der Mittelpunkt i der Erde eine größere Fallgeschwindigkeit gegen den Mond, als die in b befindlichen entfernteren Theile der Erde;

um eben so viel wird also auch deren Fallgeschwindigkeit gegen den Mittelpunkt der Erde, oder ihr Druck gegen denselben vermindert.

Von den um a und c (Fig. 2) befindlichen Gegenden des Meeres, in welchen diese Verminderung des Gewichts des Wassers nicht statt findet, muß daher so lange ein Theil des Wassers nach den Gegenden um d und b abfließen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Denken wir uns die ganze Oberfläche der Erde mit Wasser bedeckt, so muß die vorher kugelförmige Oberfläche a b c d in die Form h e f g übergehen, oder es muß an den Stellen d und b Flut, d. i. ein Ansteigen des Meeres, und an den um einen Viertelumkreis von ihnen entfernten Stellen a und c der Erde Ebbe, d. i. ein Sinken des Wassers eintreten.

Fig 2



Weil aber dem Monde, während er diese Wirkung ausübt, in ungefähr einem Tage nach und nach alle Theile eines Parallelkreises der Erde in Folge ihrer Umdrehung um ihre Axe gerade gegenüber zu liegen kommen, so muß gleichzeitig mit dem scheinbaren täglichen Umschwung des Mondes um die Erde auch die Curve h e f g ihm bei diesem Umschwung folgen, oder es wird an jedem Orte etwa 4 mal im Tage, genauer alle $6^1/_4$ Stunden, Flut und Ebbe mit einander abwechseln.

§. 6. Dies wäre der Vorgang, wenn die ganze Oberfläche der Erde gleichförmig mit Wasser bedeckt wäre. Ein Theil des Meerwassers würde gleichzeitig mit dem Monde eine beständige Bewegung von Ost nach West annehmen, und in der Gegend des Aequators wäre diese Strömung des Wassers am bedeutendsten, gegen die Pole hin würde sie unwahrnehmbar. Diese regelmäßige Bewegung des Meerwassers wird jedoch durch die Küsten der Continente und durch gleichzeitige andere von den Temperaturverhältnissen der Meere und von den Winden abhängige Strömungen vielfach modificirt. Während das Steigen und Sinken des Wassers im freien Ocean vielleicht nur ein Paar

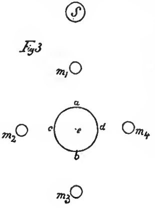
Fuß beträgt, kann es an einzelnen Küsten weit mehr betragen, und beläuft sich z. B. auf 50 Fuß in der Bucht von St. Malo, in welcher das von Westen her anströmende Meerwasser, in seiner Bewegung von der Küste aufgehalten, sich bis auf jene Höhe aufstaut. In engen Binnenmeeren hingegen, z. B. in der Ostsee und im schwarzen Meere, wird weder Ebbe noch Flut wahrgenommen, während dieselbe im mittelländischen Meere, z. B. in der Gegend von Toulon, noch immer ein Paar Fuß beträgt, und während die von den steilen norwegischen Küsten zurückprallenden Fluten mit neu ankommenden Wassermassen sich zu dem von Leopold von Buch beschriebenen heftigen Strudel, der Malström genannt, zusammensetzen, gegen welchen die aus dem classischen Alterthum berühmte Charybdis nur eine unbedeutende Erscheinung ist.

§. 7. Ganz die nämlichen Betrachtungen, aus welchen bisher ersichtlich wurde, daß der Mond während seiner täglichen scheinbaren Bewegung um die Erde zweimal Flut und zweimal Ebbe hervorrufen muß, lassen sich, wie man leicht sieht, in ähnlicher Weise auch auf die Sonne übertragen. Auch die Sonne, während ihrer täglichen scheinbaren Bewegung um die Erde, muß an jedem Orte 2 mal Flut und 2 mal Ebbe erzeugen. Obwohl jedoch die absolute Anziehung der Sonne auf die Erde viel größer ist, als die des Mondes, so ist doch ihre Entfernung so groß (gegen 12000 mal so groß, als der Durchmesser der Erde) daß der Unterschied ihrer Anziehung auf die verschiedenen Theile der Erde, von welchem allein die Ebbe und Flut verursacht wird, viel weniger beträgt, als beim Monde, so daß die von der Sonne verursachte Flut beträchtlich niedriger ist, als die vom Monde verursachte, und von der letzteren größtentheils verdeckt wird.

§. 8. Der Unterschied der Anziehung, welche die Sonne auf die ihr gerade gegenüberliegenden Punkte der Erde, und welche sie auf den Mittelpunkt der Erde selbst ausübt, ist sehr klein. Dieser Unterschied beider Anziehungen würde die Fallgeschwindigkeit der Körper auf der Oberfläche der Erde, welche etwa 30 P. Fuß in der Secunde beträgt, noch kaum um ein Paar Miliontheile eines Fußes vermindern; und selbst die ähnliche und kräftigere Wirkung des Mondes würde diese Fallgeschwindigkeit

höchstens um den drei= bis viermal hunderttausendsten Theil eines Fußes in der Secunde zu verringern vermögen. Als wie klein aber auch diese Kraft erscheinen möge, so ist ihre Wirkung doch dadurch so beträchtlich, daß sie sich auf die gesammte Wassermasse des Meeres vertheilt, und diese Wirkung würde noch weit bedeutender sein, wenn die Wassermasse des Meeres noch größer, wenn das Meer noch tiefer wäre, als es wirklich ist. Immerhin werden unter den bestehenden Verhältnissen durch die Gesammtwirkung der Ebbe und Flut fortwährend wohl ein Paar 100 Cubikmeilen Wasser auf der Erde in Bewegung gesetzt, ein Volum, welches einem Ausspruch Bessel's zu Folge durch Alles zusammen, was seit der Erschaffung des Menschengeschlechtes durch Menschenkräfte von einem Orte zum anderen in irgend eine größere Entfernung transportirt worden ist, noch lange nicht erreicht werden dürfte.

§. 9. Die von der Sonne und vom Monde verursachten Fluten und Ebben setzen sich in der Erscheinung zu einer einzigen Flut und Ebbe zusammen; und zwar wird die vom Mond bewirkte Flut durch die ganze erstere verstärkt, wenn beide gleichzeitig an einem Orte eintreten, und eben so geschwächt, wenn beide Fluten um etwa $6^1/_4$ Stunden aus einander liegen, und die Mondflut wird durch die Sonnenflut überhaupt, wenn auch in minderem Grade, verstärkt, so lange beide um weniger als etwa $3^1/_8$ Stunden, und geschwächt, wenn beide um mehr als etwa $3^1/_8$ Stunden hintereinander hergehen.



Die größte Verstärkung der Mondflut durch die Sonnenflut tritt ein, wenn beide Gestirne auf derselben oder auf verkehrten Seiten der Erde stehen, also zur Zeit des Neumonds oder des Vollmonds, welche beide Stellungen man auch die Syzygien nennt. Ist e die Erde, S die Sonne, m_1, m_2, m_3 oder m_4 der Mond, (Fig. 3), so ist Neumond, wenn der Mond die Stellung m_1 hat, und Vollmond, wenn er die Stel=

lung m_3 hat; in beiden Fällen haben die gerade gegenüberliegenden Punkte a und b der Erde die Summe der von beiden Gestirnen verursachten Fluten, oder Springflut. Die Mondflut ist aber durch die ganze Sonnenflut verringert in den Quadraturen, d. h. im ersten und letzten Viertel, wenn der Mond gegen Sonne und Erde die Stellungen m_2 oder m_4 hat, und in diesem Falle würden die ihm gerade gegenüber liegenden Punkte c und d der Erde eine nur sehr niedrige Flut, die Orte a und b aber eine sehr schwache Ebbe haben; denn diese letzteren z. B. haben Mondebbe und Sonnenflut zugleich, und da die erstere überwiegt, und das Wasser nicht zugleich steigen und sinken kann, in Wirklichkeit eine verringerte Ebbe. Man sieht leicht ein, daß die Verstärkung der einen Flut durch die andere allmählig in eine Schwächung übergeht, während der Mond aus der Stellung m_1 oder m_3, respective in die Stellung m_2 oder m_4 gelangt, und umgekehrt, die Schwächung geht in eine Verstärkung über, während der Mond aus der relativen Lage m_2 oder m_4, resp. in die Lage m_3 oder m_1 gelangt, wozu jedesmal etwa eine Woche erforderlich ist; nur muß man nicht übersehen, daß während dieser Zeit die Erde sich fortwährend um ihre Axe dreht, und daher fortwährend andere Theile ihrer Oberfläche der Sonne und dem Monde gerade zukehrt.

Da sich ferner der Mond nicht genau in einem Kreise um die Erde bewegt, so wird er sich während seines Umlaufs um die Erde bald etwas mehr, bald etwas weniger weit von ihr entfernt finden; seine mittlere Entfernung kann etwa um ihren 18ten Theil zu- oder abnehmen, und es folgt hieraus, daß die Fluten auch etwas größer sein müssen, wenn sich der Mond in seiner Erdnähe, als wenn er sich in seiner Erdferne befindet. Endlich stehen Mond und Sonne nicht immer in einer geraden Linie mit der Erde; der Unterschied ihrer Breite am Himmel ist verschieden; dieser Unterschied ist am kleinsten gegen die Zeit hin, wenn der Mond durch die Ebene der Ekliptik oder der Erdbahn geht, in welche Zeit auch die Sonnen- und Mondfinsternisse fallen.

§. 10. Die Flut muß also, von den im §. 6 erwähnten örtlichen Störungen abgesehen, eintreten zur Zeit der Culmination des Mondes, d. h. zur Zeit wenn der Mond durch den

Meridian geht, oder am höchsten steht, und ebenso etwa $12\frac{1}{2}$ Stunden später, und diese Flut muß vergrößert sein, wenn die Culmination des Mondes mit den Syzygien zusammentrifft; sie muß vergrößert sein in den Syzygien zur Zeit der Erdnähe des Mondes und zur Zeit seines Durchgangs durch die Ekliptik; und sie ist es noch mehr, wenn beides mit der Zeit der Nachtgleichen zusammen trifft. Alle diese aus der allgemeinen Schwerkraft theoretisch folgenden Schlüsse sind durch die Erfahrung vollständig bestätigt. In den in einigen französischen Seehäfen und anderwärts eingerichteten Observatorien für die Ebbe und Flut konnte die Richtigkeit der Theorie sowohl in Bezug auf die Zeit, als die Höhe der von ihr voraus verkündeten Flut vollständig erhärtet werden. Diese Theorie ist eine jener großen Leistungen Newton's, welche allein schon hinreichen würde, seinen Namen für alle Zeiten unsterblich zu machen. *)

§. 11. Im §. 8 habe ich gezeigt, wie geringfügig die Ursache von Ebbe und Flut ist, wenn sie mit der Kraft verglichen wird, welche die Erde selbst auf jeden von ihr angezogenen Stein ausübt. Obwohl daher die Wirkung jener Ursache sich auch auf alle festen Körper des Festlandes erstreckt, so wird doch Gewicht und Fallgeschwindigkeit der festen Körper dadurch nur um einen so außerordentlich kleinen Theil vermindert, daß diese Veränderungen bisher überall völlig unwahrnehmbar geblieben sind; nur im großen Weltmeer tritt die Wirkung jener Ursache auf der Oberfläche der Erde in die Erscheinung.

Es lassen sich jedoch ganz aus denselben Gründen noch andere Wirkungen jener Ursache voraussehen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach von großer Bedeutung für die Beschaffenheit unsrer festen Erdrinde sind, und welche vielleicht nur deßhalb noch nicht beobachtet und thatsächlich nachgewiesen wurden, weil man sie theoretisch nicht in gehörige Erwägung gezogen und nicht vorausgesehen und deßhalb auch nicht durch Beobachtung nachzuweisen gesucht hat.

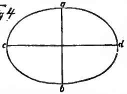
---

*) Bei der hier versuchten Darstellung der Ursache der Flut und Ebbe mußte natürlich Bessel's größerer Aufsatz in Schuhmacher's Jahrbuch für 1838 theilweise als Vorbild dienen.

Ehe ich jedoch unternehme, diese bis jetzt noch nicht gehörig beachteten Wirkungen theoretisch vorauszubestimmen, muß ich deutlich zu machen versuchen, wie sowohl Theorie als Beobachtung es höchst wahrscheinlich machen, daß unsre Erde ein im Innern glutflüssiger Körper sei.

§. 12. Eine flüssige Masse, welche blos der Schwerkraft ihrer eigenen Theile unterworfen wäre, und sich nicht um eine Axe drehte, würde nothwendig die Gestalt einer Kugel annehmen. Wenn aber diese Kugel, während alle Theile ihrer gegenseitigen Anziehung nach dem Gravitationsgesetze unterworfen bleiben, sich zugleich um eine Axe dreht, so nimmt sie die Gestalt eines Umdrehungsellipsoides, d. i. einer nach einem bestimmten Gesetze abgeplatteten Kugel an.

Fig 4



Wenn (in Fig. 4) die Ellipse acbd sich um ihre kleine Axe ab herumdreht, so beschreibt sie ein Umdrehungsellipsoid. Kennt man die Masse und Größe einer flüssigen Kugel, und die Zeit, welche sie zu einer Umdrehung gebraucht, so läßt sich mit Hülfe der Gesetze der Mathematik und Mechanik vorausbestimmen, welchen Grad der Abplattung die Kugel in Folge jener Umdrehung annehmen müsse, d. h. wie groß der Durchmesser ab im Verhältniß zu cd sein müsse.

Führt man nun eine solche Rechnung für eine flüssige Kugel von der Größe und Masse unsrer Erde, und für eine tägliche Umdrehung um ihre Axe aus, so ergiebt sich als nothwendig eine Abplattung, welche mit der wirklichen Abplattung der Erde übereinstimmt, wenn man nur auf die Zunahme der Dichte mit der Tiefe die gehörige Rücksicht nimmt. Ein fester Körper hingegen, welcher sich noch so schnell um eine Axe dreht, ändert seine Gestalt nicht, so lange der feste Zusammenhang seiner Theile nicht aufgehoben wird. Die Erde hat somit die Gestalt, welche sie in Folge der zusammengesetzten Wirkung der Schwerkraft und der von der Rotation herrührenden Fliehkraft annehmen müßte, wenn sie ein flüssiger Körper wäre. Hieraus muß aber gefolgert werden, daß der Erdball flüssig war, als er seine Gestalt an-

nahm, und daß sich seitdem seine Bewegung und Rotation nicht mehr geändert hat, oder daß er noch heute, wenigstens in seinem Inneren flüssig ist, und daß der flüssige Kern nur von einer festen Rinde bedeckt ist.

Sowohl für die erste, als für die zweite Folgerung bleibt noch zu entscheiden, ob eine kaltflüssige oder eine glutflüssige Masse vorauszusetzen sei. Die Annahme einer kaltflüssigen Masse müssen wir aber schon deßhalb gänzlich bei Seite lassen, weil die mittlere Dichtigkeit der Erde etwa 5 mal so groß ist, als die des Wassers, und wir mit Ausnahme des Quecksilbers, welches $13^1/_2$ mal so dicht ist, keinen kaltflüssigen Körper kennen, der fünfmal so schwer als Wasser wäre. Man müßte demnach bei der Annahme einer kaltflüssigen Masse einen Zustand und eine Substanz voraussetzen, für welche gar keine Analogie und folglich gar keine Wahrscheinlichkeit vorhanden wäre. Es bleibt somit nur noch wahrscheinlich, daß die Erde in glutflüssigem Zustande war oder in ihrem Inneren noch ist. Setzt man aber einen glutflüssigen anfänglichen Zustand des Erdballs voraus, so ist fast unmöglich anzunehmen, daß der Kern derselben nicht heute noch glutflüssig sein sollte; denn eine auch viele Millionen Jahre lang fortgesetzte Abkühlung würde der Rechnung zufolge nicht hinreichen, eine so große glutflüssige Masse bis in die innersten Theile hinein vollständig abzukühlen und zur Erstarrung zu bringen. Aus einem ursprünglich glutflüssigen Zustand muß mit größter Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, daß das Innere der Erde auch heute noch glutflüssig sei.

Die Dichtigkeit der Erde ist annähernd 5 mal so groß, als die des Wassers gefunden worden. Die durchschnittliche Dichtigkeit der bekannten festen Rinde aber ist nur etwa $2^1/_2$ mal so groß, als die des Wassers. Es muß daher die Dichtigkeit der Massen mit der Tiefe zunehmen. Die leichteren Massen befinden sich auf der Oberfläche, die schwereren in der Tiefe; aber nur in einer Flüssigkeit begiebt sich das Schwere in die Tiefe, und das Leichte schwimmt obenauf. Auch die mittlere Dichtigkeit des Erdballs in Vergleich zu derjenigen der festen Oberfläche liefert daher ein Argument für den flüssigen Zustand im Innern des Erdballs.

§. 13. Merkwürdigerweise wird nun diese aus der bloßen

Gestalt und Dichtigkeit der Erde entnommene Folgerung durch eine Reihe von anderen Thatsachen unterstützt und bestätigt.

Wo immer man bisher in Schachten oder durch Bohrungen, z. B. bei der Bohrung artesischer Brunnen, bis in eine beträchtliche Tiefe in die feste Erdrinde eingedrungen ist, überall hat man eine regelmäßige Zunahme der Temperatur der Rinde mit der Tiefe wahrgenommen; und versucht man auf Grund der Messungen der Zunahme der Temperatur mit der Tiefe durch Rechnung einen angenäherten Werth für jene Tiefe zu finden, in welcher die regelmäßig zunehmende Temperatur mindestens bis zu einer Gluthitze gesteigert sein würde, genügend, die festen Materialien der Rinde in Fluß zu bringen, so findet man eine Tiefe von 5 bis 6 Meilen; eine Tiefe, welche mit dem Durchmesser der Erde verglichen, der über 1700 Meilen beträgt, nicht mehr ausmacht, als die Dicke der Schale eines Apfels gegen seinen Durchmesser; und nicht so viel, als die Schale des Ei's, gegen den Durchmesser des Ei's. Hiernach hätten wir also unsre Erde als eine glutflüssige Masse anzusehen, welche nur von einer verhältnißmäßig dünnen und zerbrechlichen starren Rinde umgeben wäre.

Für die Richtigkeit dieser Ansicht aber spricht auch noch die häufige Erscheinung heißer Quellen, das häufige Vorkommen jener Erschütterungen der Oberfläche, welche wir mit dem Namen der Erdbeben bezeichnen, und der Auswurf glutflüssiger Massen aus dem Krater der noch thätigen Vulcane.

Alle diese und noch viele andere Erscheinungen, auf welche ich hier nicht näher eingehen kann, sprechen für die Voraussetzung, daß das Innere der Erde eine glutflüssige Masse sei; hingegen sind keine Thatsachen bekannt, welche mit jener Hypothese im Widerspruch stünden; nach den Gesetzen der Induction ist es daher nicht nur gerechtfertigt, sondern es ist eine Forderung derselben, daß alle anderweitigen Consequenzen dieser Voraussetzung theoretisch entwickelt und durch Beobachtung geprüft werden. Es ist dieser Forderung der Wissenschaft jedoch bisher noch keineswegs in gehöriger Weise Genüge geschehen, und ich will im Nachfolgenden versuchen, einen Beitrag zur Lösung dieser Aufgabe zu geben.

§. 14. Wenn das Innere der Erde eine flüssige Masse ist, so sind auf diese alle die Schlüsse anwendbar, welche oben aus der Anziehung von Sonne und Mond auf das Weltmeer abgeleitet wurden. Denkt man sich einen Augenblick die feste Rinde mit dem sie theilweise bedeckenden Meere entfernt, so ist sogleich ersichtlich, daß in dem sodann die ganze Oberfläche bildenden glutflüssigen Ocean, seiner großen Tiefe wegen, eine im Vergleich zur Flutwelle des Weltmeeres sehr viel mächtigere Flutwelle auf der dem Monde direkt gegenüber stehenden, und auf der ihm entgegengesetzten Seite der Erde, sich mit dem Monde zugleich von Ost nach West um die Erde bewegen müßte. Die Ursache dieser Welle wäre, wie wir oben §. 10 gesehen haben, eine Verminderung des hydrostatischen Druckes oder des Gewichtes der Flüssigkeit durch die Attraction des der Oberfläche näher als dem Mittelpunkte befindlichen Mondes; während dieser Druck der Flüssigkeit an den um einen Viertelumkreis entfernten Stellen der Erde, an welchen Ebbe herrscht, unverändert dem durch die Erde selbst verursachten Gewichte entspricht.

Dieser Unterschied des hydrostatischen Druckes oder des Gewichtes der flüssigen Masse wird nicht verändert, wenn sie von einer festen Hülle eingeschlossen ist, sondern er wird sich als ein aufwärts gerichteter Druck gegen die einhüllende feste Rinde äußern an den Stellen, an welchen er ohne diese Rinde eine Flutwelle erzeugen würde. Man muß daher als nothwendige Folgerung aus dem glutflüssigen Zustande der Erde anerkennen, daß, genau den von den Stellungen des Mondes und der Sonne abhängigen Zeiten der Flut entsprechend, ein innerer nach aufwärts gerichteter Druck die feste Erdrinde zu heben und aufzubiegen sucht; und die Wirkung dieses Druckes wird noch vergrößert durch eine, wenn auch sehr kleine Verminderung des Gewichtes der festen Rinde selbst in Folge der Attraction des Mondes.

§. 15. Bedenkt man nun, daß diese Wirkung der Flut, oder dieser auf die Rinde wirkende Druck, sich vom Aequator mit abnehmender Kraft in Einem und demselben Meridian bis gegen die Pole hin erstreckt, und somit über den halben Umkreis der Erde und auf ein ganzes Viertheil der Erdrinde gleichzeitig im nämlichen Sinne wirkt, — und bedenkt man andererseits, daß

eine, wenn auch noch so dicke und starre feste Masse, doch elastisch biegsam wird, wenn sie eine verhältnißmäßig sehr große Flächenausdehnung erhält, — so wird man zu dem Schlusse geführt, daß die feste Erdrinde sich gegen jenen Druck nicht absolut unelastisch verhalten, sondern demselben, wenn auch in noch so geringem Maße nachgeben, folglich an den Stellen der Flut sich aufbiegen, und an den Stellen der Ebbe einsinken müsse.

Eine wesentliche Beachtung verdient hiebei noch der Umstand, daß die Attraction des Mondes nur in dem Scheitel der Flutwelle lediglich als Druck von Innen nach Außen wirkt, an jeder entfernteren Stelle aber sich größtentheils in einen Seitendruck zerlegt, welcher die Aufbiegung der Rinde an der dem Monde direkt gegenüber stehenden Stelle unterstützt, so daß sich ein großer Theil der Gesammtwirkung auf die Oberfläche der Erde zu einer Kraft vereinigt, welche lediglich auf eine Biegung der Rinde im Scheitel der Flutwelle abzielt.

Findet diese im Vorstehenden theoretisch gefolgerte Wirkung wirklich statt, so biegt sich hiernach der feste Erdboden mit allem was auf ihm sich befindet, während etwa 25 Stunden zweimal auf, und sinkt zweimal wieder ein, und diese Aufbiegung schreitet wie eine Welle von Ost nach West über die Erde fort. Sie begründet im vollsten Sinne des Wortes ein Pulsiren der Erdrinde, dessen einzelne Pulsschläge regelmäßig in etwa $12\frac{1}{2}$ Stunden aufeinander folgen, und kräftiger werden zur Zeit der Syzygien, zur Zeit der Erdnähe des Mondes, und in den Syzygien zur Zeit des Durchgangs des Mondes durch die Ebene der Erdbahn und zur Zeit der Nachtgleichen; und welche Pulsschläge schwächer ausfallen, wenn sie mit der Zeit eines der beiden Mondviertel zusammentreffen.

§. 16. Ich habe im Vorstehenden gezeigt, daß ein wirkliches regelmäßiges Pulsiren der Erdrinde als nothwendige Folgerung des glutflüssigen Zustandes ihres Inneren erscheint. Man hat davon bis jetzt nichts beobachtet; und so lange die Thatsache selbst nicht durch Beobachtung festgestellt ist, muß die Folgerung der Theorie, wie viele Wahrscheinlichkeit sie auch für sich

habe, als **hypothetisch** betrachtet werden. Aber ich werde zu zeigen suchen, daß die Thatsache nicht beobachtet werden **konnte**, so lange man nicht theoretisch veranlaßt war, die Erscheinung aufzusuchen, und werde anzudeuten suchen, auf welchem Wege sie durch Beobachtung nachgewiesen werden könnte.

Denken wir uns in der That den vierten Theil einer Kugeloberfläche a b c einer Kugel von sehr großem Halbmesser m b; dieser Theil der Oberfläche werde aufgebogen wie a d c; so kann die Höhe der Hebung b d sehr beträchtlich sein, ohne daß der Winkel, welchen die Oberfläche an irgend einer Stelle, z. B. in i mit der zum Mittelpunkt gehenden Richtung der Schwerkraft, also mit dem Halbmesser m i bildet, auch nur um eine irgend merkliche Größe von dem Winkel sich unterscheidet, welchen die Oberfläche in k mit der Richtung der Schwere m k bildet. Bekanntlich, obwohl die Oberfläche des Wassers auf der Erde sehr nahe eine Kugelfläche ist, so erscheint doch jede nicht allzugroße Wasserfläche wegen der Größe des Halbmessers der Erde als eine vollkommene Ebene.

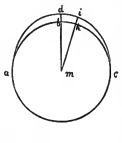


Fig 5

Die in Folge des Pulsirens der Erdrinde am Aequator entstehende Hebung b d könnte hunderte von Fußen betragen, und die dadurch erfolgende Veränderung in der **Neigung des Bodens** gegen die Richtung der Schwere würde dennoch an allen Orten der Erde für alle gewöhnlichen Hülfsmittel der Beobachtung völlig unwahrnehmbar bleiben. Nun haben wir aber für die **Höhe** b d der Aufbiegung des Bodens, weil alles Feste und Flüssige zugleich mitgehoben wird, lediglich gar keine Wahrnehmung und kein Maß; das einzige was wir bemerken könnten, wäre eben die **Winkelverschiebung des Bodens** gegen die **Richtung der Schwerkraft**, welche der Größe des Erdballs wegen aller Wahrscheinlichkeit nach eine **äußerst** geringe ist. Würde diese Winkelverschiebung auch nur eine **Secunde** betra-

gen, so ließe sie sich durch eine entsprechende scheinbare Verschiebung aller Gestirne mit den in neuester Zeit so außerordentlich verfeinerten Hülfsmitteln der Beobachtung astronomisch bestimmen. Aber sie muß den Astronomen bisher völlig entgangen sein, und wird sich auch nicht unmittelbar durch Beobachtung der Gestirne, wenigstens durch die bisher angewendeten Hülfsmittel der Beobachtung, nachweisen lassen, wenn sie nur einen kleinen Bruchtheil einer Bogensecunde beträgt.

§. 17. Ich will nun versuchen, die Mittel anzugeben, durch welche sich diese von den Pulsationen der Erdrinde verursachte Winkelverschiebung des festen Bodens gegen die Richtung der Schwere beobachten ließe.

a) Denken wir uns zwei Libellen oder Wasserwagen von äußerster Empfindlichkeit, die eine in der Richtung von Ost nach West, die andere in der Richtung von Süd nach Nord unveränderlich mit dem Boden verbunden; da die Oberfläche des Wassers sich immer senkrecht zur Richtung der Schwere stellt, so müßten beide Libellen zugleich mit einer Veränderung in der Neigung des Bodens gegen jene Richtung, also mit der Zeit der Flut, periodisch ihren Stand verändern. Man kann durch Vergrößerung des Krümmungshalbmessers der Libellen ihre Empfindlichkeit sehr weit steigern, und es könnte der Stand der Libellen durch ein Paar möglichst gute Fernröhre aus der Ferne abgelesen werden; gleichwohl würde diese einfachste Beobachtungsmethode dadurch wesentlich beeinträchtigt, daß aller Voraussicht nach kleine Veränderungen der Temperatur weit größere Veränderungen des Standes der Libellen zur Folge haben müßten, als die Schwingungen des Bodens.

b) Denken wir uns einen in einem möglichst hohen Gebäude an einem dünnen Drahte frei aufgehängten schweren Senkel oder Pendel, welcher auf angemessene Weise vor jeder Erschütterung durch Luftströmungen geschützt wäre. Aendert sich die Neigung des Bodens gegen die Richtung der Schwere, so wird der Senkel sich über dem Boden verschieben, und zwar zur Zeit der Flut in der Richtung vom Aequator gegen den Pol; vor der Flut in der Richtung von West nach Ost; nach der Flut in der Richtung von Ost nach West. Würde man südlich und

westlich hinter dem freien Pendel eine mit dem Boden fest verbundene Scala anbringen, und nördlich und östlich ein ebenso mit dem Boden fest verbundenes Fernrohr, durch welches man den Punkt der Scala abliest, auf welchen sich das Pendel projicirt, so hätte man in der Höhe des Gebäudes oder des Aufhängepunkts, in der Entfernung der Scala vom Pendel, und in der Schärfe des Fernrohrs eben so viele Vergrößerungsmittel zur Beobachtung jener Winkelverschiebung.

c) Dieselbe Anwendbarkeit hätte ein in großer Höhe unveränderlich befestigtes und vertical abwärts, auf einen mit dem Boden festverbundenen Quecksilberhorizont, gerichtetes Fernrohr. In hinreichender Entfernung vom Rohr in ebenfalls fester Stellung müßte eine leuchtende Linie, z. B. ein galvanisch erglühender Draht angebracht sein, und es wäre an den Mikrometerfäden des Fernrohrs die Verschiebung des Spiegelbildes der leuchtenden Linie, welches der Quecksilberhorizont zurückspiegelt, zu messen. Durch die Spiegelung würde jene Winkelverschiebung schon verdoppelt; in der Höhe des Gebäudes und der vergrößernden Kraft des Fernrohrs wären abermals eben so viele Vergrößerungsmittel für die Wahrnehmung jener Winkelverschiebung gegeben.

Aber auch bei der unter b und c angeführten Beobachtungsmethode wäre in der Höhe des Gebäudes eine Störung gelegen, indem der veränderliche Druck des Windes, und namentlich die veränderliche Erwärmung seiner Wände durch die Sonnenstrahlen aller Wahrscheinlichkeit nach größere Winkelverschiebungen verursachen würden, als die wirkliche Pulsation des Bodens. Gleichwohl ließe sich sowohl aus den in a, als aus den in b und c angegebenen Methoden aus einer großen Reihe von lange regelmäßig fortgesetzten Beobachtungen ein mit der Flut zusammenhängender periodischer Einfluß durch Rechnung nachweisen, wenn dieser Einfluß nur nicht überhaupt verschwindend klein wäre.

d) Wohl am meisten Erfolg dürfte die genaue Beobachtung des in Flüssen strömenden Wassers versprechen.

Die mit dem Monde fortschreitende Aufbiegung der Rinde wird im Allgemeinen zur Zeit der Flut ein Ansteigen des Bodens in der

Richtung vom Pol gegen den Aequator, kurz vor der Flut ein Ansteigen des Bodens in der Richtung von West nach Ost, kurz nach der Flut in der Richtung von Ost nach West zur Folge haben. Hieraus ergiebt sich aber:

In einem von West nach Ost sich ergießenden Strome muß vor der Flut die Strömung abnehmen, nach der Flut zunehmen.

In einem von Ost nach West sich ergießenden Strome muß vor der Flut die Strömung zunehmen, nach der Flut abnehmen.

In einem in der Richtung vom Pol zum Aequator fließenden Strome muß zur Zeit der Flut die Strömung abnehmen, zur Zeit der Ebbe zunehmen.

In einem in der Richtung vom Aequator zum Pol sich ergießenden Strome muß die Strömung zur Zeit der Flut zunehmen, zur Zeit der Ebbe abnehmen.

Diese Wirkung einer Aufbiegung des Bodens kann von der durch die Flut und Ebbe des Meeres bewirkten Stauung an der Mündung, welche ebenfalls auf die Strömung von Einfluß sein muß, leicht unterschieden werden; denn diese wird erstens überall da auf die Strömung ohne Einfluß sein, wo zwischen der Mündung und dem Beobachtungsorte noch irgend ein plötzlicher Fall oder Cataract statt findet, und die Wirkung jener Stauung wird an von der Mündung weit entfernten Orten jedenfalls erst viel später wahrnehmbar werden, als die durch Aufbiegung des Bodens unmittelbar bewirkte Veränderung der Strömung.

Endlich wird diese Wirkung der Aufbiegung des Bodens auf die Geschwindigkeit des Wassers in Strömen im Allgemeinen um so bedeutender sein, je näher die Ströme der heißen Zone liegen.

Theilweise entgegengesetzte Erfolge könnten zwar von der directen Wirkung der Attraction des Mondes auf das Flußwasser selbst erwartet werden. Aber die directe Einwirkung der Anziehung des Mondes und der Sonne auf das Flußwasser würde nur in Strömen von sehr großer, durch keinen plötzlichen Fall unterbrochener, Länge von merklichem Einfluß

sein können, während die Biegung des Bodens ihren Einfluß auch auf fließendes Wasser von ganz kurzer Erstreckung in gleicher Weise äußern müßte.

In dem hier angegebenen Sinne verspricht die Beobachtung der Strömung in Flüssen um so mehr ein Resultat, als diese Beobachtung, wie ich sogleich zeigen werde, ein weit genaueres Maß erlaubt, als alle anderen.

In der That, denken wir uns die Fallgeschwindigkeit eines Körpers von 30,2 P. F. nur um $^1/_{500000}$ eines Fußes vermindert (vergleiche §. 8), so wären wir nicht im Stande, diese kleine Verminderung der Fallgeschwindigkeit selbst durch irgend ein Mittel zu messen. Sie läge weit außerhalb der Grenzen der Genauigkeit unsrer Beobachtungsmittel. Könnten wir jedoch einen Körper mit dieser Geschwindigkeit eine Stunde lang sich gleichförmig fortbewegen lassen, und den in dieser Zeit beschriebenen Weg messen, so würde dieser Weg schon um einen ganzen Zoll in Folge jener Verminderung der Geschwindigkeit kleiner ausfallen, also um eine sehr meßbare Größe.

Gerade dies ist das Element, welches wir bei fließendem Wasser zu bestimmen vermögen; wir messen nicht dessen Geschwindigkeit, sondern den Weg, welchen es in Folge seiner Geschwindigkeit in einer Stunde zurücklegt. Denken wir uns an einer Stelle im Fluß ein leicht bewegliches Flügelrad unveränderlich festgehalten, welches sich durch den Stoß des Wassers vollkommen mit dessen Geschwindigkeit umdreht, und dessen Axe durch leicht gearbeitete Räderwerke gerade wie eine Gasuhr mehrere Zeiger in Bewegung setzt, so daß jede 1000, jede 100, jede 10 und jede einzelnen Fuße durch besondere Zeiger auf besonderen Zifferblättern gezählt werden, und so daß endlich der letzte Fuß durch Räderwerke und entsprechende Zeiger in beliebig kleinen Unterabtheilungen gemessen werden kann; und denken wir uns den Stand dieses wohl aufgestellten und sorgfältig construirten Instrumentes jede Stunde genau mit der betreffenden Zeitsecunde abgelesen, so würde sich die Wirkung einer Biegung des Bodens mit Sicherheit nachweisen lassen, wenn sie die Geschwindigkeit des Wassers auch nur so wenig veränderte, daß der Weg

des Wassers während einer ganzen Stunde sich um einen Bruchtheil eines Zolles änderte.

Auch hier würde freilich das in Folge von Witterungsverhältnissen veränderliche Steigen und Fallen des Wassers einen weit größeren zufälligen Einfluß üben, als die Biegung des Bodens in Folge der periodischen Pulsationen der Erdrinde. Gleichwohl ließe sich ein solcher periodischer Einfluß aus einer lange fortgesetzten Reihe von Beobachtungen ebenso durch Rechnung nachweisen, wie man die von der Tageszeit abhängigen periodischen Schwankungen des Barometers aus einer langjährigen Beobachtung desselben ermitteln konnte, obwohl sie von den zufälligen und vorübergehenden Einflüssen der Witterung weit übertroffen, und für eine kleine Beobachtungsreihe völlig unwahrnehmbar gemacht werden.

§. 18. Es ist nicht wahrscheinlich, daß die bisher besprochene Pulsation der Rinde eine völlig regelmäßige und gleichförmige sei. Es ist vielmehr zu erwarten, daß diese Pulsationen in einzelnen Gegenden der Erde sehr wahrnehmbar und kräftig, in anderen völlig unwahrnehmbar oder unbedeutend sich erweisen werden, denn es ist geognostisch außer Zweifel gestellt, daß die feste Rinde der Erde nicht überall eine gleichartig beschaffene Masse, von gleicher Dicke, gleicher Biegsamkeit und gleicher Elasticität ist.

Bei kräftigen Springfluten mag es sich ereignen, daß diese Rinde an einzelnen Stellen zeitenweise so bedeutend nachgebe, daß sie nach der Flut nicht völlig ihre frühere Form wieder annimmt; daß sie örtlich bleibende Aufbiegungen oder Einsenkungen erleide; ja es mag sich in früheren Epochen ereignet haben, daß sie spaltete, wobei dann die nachpressende glühende Flüssigkeit als plutonische Gebirgsmasse aus der Tiefe emportrieb.

Daß die krystallinisch-körnigen ungeschichteten Gebirgsmassen, von späteren Veränderungen derselben abgesehen, ursprünglich durch inneren Druck glutflüssig durch die gespaltene Rinde emporgetrieben wurden, darüber sind seit Alexander v. Humboldt's und Leopold v. Buch's unvergleichlichen Arbeiten die Geologen heut zu Tage einig.

Es ergeben sich jedoch bei der Annahme, daß ein solches

Spalten der Rinde mit der Flutwelle in irgend einem Zusammenhang stehe, noch einige höchst merkwürdige Beziehungen, welche bis jetzt meines Wissens nirgends ausgesprochen sind. Sie sind die folgenden:

Erwägt man etwas näher, welche Form die innere Flutwelle des glutflüssigen Kerns annehmen müßte, wenn die Rinde ihrer Bildung nicht im Wege stünde, so sieht man leicht, daß sich von den Polen aus, deren Stellung gegen den Mond sich während der Axendrehung der Erde nicht ändert, keine Massen gegen den Aequator hin in Bewegung setzen; die in Bewegung kommenden Massen gehören größtentheils der heißen, theilweise der gemäßigten, und nur zu sehr geringem Theile der kalten Zone an, und ihre Bewegung findet vorzugsweise in der Richtung von Parallelkreisen statt. Die Flutwelle vertheilt sich also von Pol zu Pol in der Richtung eines Meridians gewissermaßen über einen Halbkreis der Erde, denn es findet nur eine vom Aequator gegen die Pole hin abnehmende Aufstauung der Masse, an den Polen selbst aber keine Verminderung derselben, kein Einsinken statt. Hingegen in der Richtung eines Parallelkreises ist die Flutwelle nur über den vierten Theil des Erdumfangs ausgebreitet; der Flut folgt hier die Ebbe; die Krümmung der Welle in der Richtung der Parallelkreise wird folglich stärker sein, als ihre Krümmung in der Richtung der Meridiane. Stellt N a S b (Fig. 6) den Durchschnitt der nahe kugelförmigen Erde in der Richtung desjenigen Meridians vor, welcher durch den Scheitel der Flutwelle geht, so kann N c S d die Form der Flutwelle in diesem Meridiane versinnlichen. Stellt aber (Fig. 7) O a W b den Durchschnitt der kugelförmigen Erde in der Richtung des Parallelkreises vor, welcher durch den Scheitel der

Fig 6

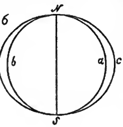
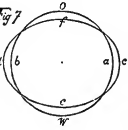
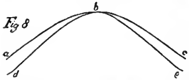


Fig 7



Flutwelle geht, so ist die Form der Welle in diesem Parallelkreise durch f c e d versinnlicht. Eine ähnliche Aufbiegung sucht der Druck der inneren flüssigen Masse der Rinde zu ertheilen. Stellt daher (Fig. 8) die Linie a b c die Aufbiegung eines Theiles der Rinde in dem durch den Scheitel der Welle gehenden Meridian vor, so kann die Linie d b e diese Aufbiegung in dem durch den Scheitel der Welle gehenden Parallelkreis versinnlichen. Ein Bruch der Rinde wird in dem Scheitel der stärker gekrümmten Biegung d b e leichter sich ereignen, als in dem Scheitel der schwächer gekrümmten Biegung a b c; und da die sämmtlichen Punkte aller Parallelkreise, welche gleichzeitig dem Maximum des Drucks der Flutwelle unterliegen, in einem Meridian gelegen sind, so ist in diesen Verhältnissen eine mechanische Ursache zu erkennen, daß die gleichzeitige Ausbreitung einer Spaltung der Rinde vorzugsweise in der Richtung eines Meridians erfolgen müsse.



Weil die Flutwelle aber parallel mit dem Aequator fortschreitet, so rückt auch das Druckmaximum auf die Rinde in dieser Richtung fort, und es ist hierin ein noch kräftigerer mechanischer Anlaß gegeben, daß eine entstehende Spalte vorzugsweise in der Richtung eines Parallelkreises, also von Ost nach West sich verlängere.

Das absolute Druckmaximum der Flutwelle fällt in der Regel in die Nachbarschaft des Aequators, und überschreitet in verschiedenen Zeiten kaum die heiße Zone. Es ist hierin ein mechanischer Grund gegeben, daß eine Spalte vorzugsweise in der Nähe des Aequators entstehen werde, und daß sich, im Falle einer Spaltung der Rinde, der mächtigste Auftrieb plutonischer Gebirgsmasse in der Nähe des Aequators zu erkennen gebe.

Viele geologische Thatsachen scheinen mit diesen Folgerungen in einiger Uebereinstimmung zu stehen. Wirklich finden sich die höchsten aller Gebirgszüge in der heißen Zone oder in ihrer Nachbarschaft. Von den Gebirgszügen, welche die jüngsten sind, seit deren Emporhebung aus der Tiefe die Erde sicherlich keine wesentliche

Aenderung ihrer Rotation erfahren hat, streichen wirklich mehrere sehr nahe genau in der Richtung von Parallelkreisen. Die Alpen, der Caucasus und der Himalaya, um nur ein paar zu den neuesten Erhebungen gehörige Beispiele anzuführen, haben die Richtung von Ost nach West. Andere, z. B. die Andeskette, nach Elie de Beaumont's classischen Untersuchungen aller Wahrscheinlichkeit nach die jüngste aller Erhebungen, streichen in der Richtung eines Meridians von Nord nach Süd.

Auch bei den von Leopold v. Buch angeführten Reihenvulkanen zeigen sich Richtungen, welche sich mit den angegebenen Ursachen in einigen Zusammenhang bringen lassen.

Dieses vorzugsweise Streichen der plutonisch emporgetriebenen Massen in der Richtung von Meridianen und Parallelkreisen läßt sich, wie aus dem Vorangehenden sich ergiebt, wenigstens theilweise als eine zusammengesetzte Folge von der störenden Attraction des Mondes und der Axendrehung der Erde betrachten. Auf einem Weltkörper, welcher in Beziehung auf einen anderen störend auf ihn wirkenden Weltkörper keine Axendrehung hätte, müßten sich demnach die plutonischen Kräfte in anderer Weise äußern. In diesem Falle nun befindet sich der Mond unsrer Erde gegenüber. Da er sich in derselben Zeit um seine Axe dreht, in welcher er seine Bahn um die Erde beschreibt, so hat er dieser gegenüber keine Rotation. In der That erscheinen die Mondgebirge auch nicht als Reihengebirge, sondern als um centrale plutonische Heerde gruppirte Ring- und Massengebirge.

Vielleicht werden sich diese Analogieen zahlreicher und großer Thatsachen mit den nothwendigen Wirkungen der Flutwelle des flüssigen Erdkerns durch ein fortgesetztes Studium noch vermehren lassen.

Will man gleichwohl bezweifeln, daß so gewaltige Erschütterungen der Erdrinde, als wir durch das Emporsteigen von Gebirgszügen, wie der Himalaya, die Alpen und die Andeskette bezeichnet sehen, lediglich auf Rechnung der periodischen und regelmäßigen Flutwelle unsrer Tage zu setzen sein könnten, so wird man doch in Erwägung zu ziehen haben, daß auch der Widerstand zur Durchbrechung der Rinde in früheren Epochen ein minderer als heut zu Tage gewesen sein muß, zu einer Zeit, als die Abkühlung und Erstarrung der Rinde noch nicht

bis in die gleiche Tiefe vorgedrungen waren. Ebenso wird man in Erwägung zu ziehen haben, daß mit einem einmal erfolgten größeren Bruche der Rinde die Stabilität des inneren glutflüssigen Oceans theilweise unterbrochen sein, und hierin die Quelle viel mächtigerer fernerer Schwankungen gesucht werden könne.

Mag man sich dennoch der Ansicht zuneigen, daß zu jenen großen Erschütterungen noch andere Ursachen und mächtigere Kräfte mitgewirkt haben müssen; immerhin machen jene obenerwähnten Analogieen es wahrscheinlich, daß jene Kräfte, wenn nicht von gleicher Art mit der von dem Monde und der Sonne bewirkten Flutwelle, doch nicht ohne deren wesentliche Mitwirkung thätig gewesen seien. Es dürften aus diesem Grunde jene Analogieen einer einläßlicheren fortgesetzten Prüfung werth erscheinen, und es ist mir vielleicht bei einer späteren Gelegenheit vergönnt, ausführlicher hierauf zurückzukommen.

§. 19. Wenn man es sonach auch nicht für wahrscheinlich halten sollte, daß die periodische, noch in unsren Tagen wirksame, Flutwelle des glutflüssigen Erdkerns als allein genügende Ursache jener gewaltigsten und großartigsten Ereignisse erscheinen könne, von welchen die Beschaffenheit der Oberfläche unsres Erdkörpers unwiderleglich historisches Zeugniß giebt, so giebt es doch eine Reihe kleinerer, wenn auch ähnlicher Erschütterungen, dem Menschengeschlechte nicht weniger interessant, weil es selbst Zeuge derselben ist, ich meine die Erdbeben, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit, wenigstens theilweise, eine Wirkung jener Ursache zu sein scheinen.

Perrey hat seit einer langen Reihe von Jahren sich der mühevollen Arbeit unterzogen, die Zeit der historisch bekannten Erdbeben durch Rechnung mit den Zeiten der Flut zu vergleichen. Nach einem Berichte von Elie de Beaumont an die Pariser Akademie (Compt. Rend. V. 38, p. 1040) geht aus dieser Arbeit Perrey's bereits hervor, daß die Erdbeben häufiger sind in den Syzygien, als in den Quadraturen des Mondes, und am häufigsten zur Zeit beider Culminationen des Mondes.

Hiernach hätte Perrey eine Abhängigkeit der Erscheinung

der Erdbeben von der nämlichen Ursache, welche auch die Ebbe und Flut unsrer Meere erzeugt, bereits nachgewiesen. Dieser Bericht Elie de Beaumont's war es in der That, welcher mich ermuthigte, die oben entwickelten Folgerungen, welche theilweise schon seit Jahren meine Aufmerksamkeit gefesselt hatten, im Zusammenhange darzustellen.

Einen ähnlichen Anlaß hat Elie de Beaumont's Bericht einem italienischen Physiker, Zantedeschi, gegeben, in einer brieflichen Mittheilung, welche in den Compt. Rend. hebd. Vol. 39. p. 375 abgedruckt ist, seine, wie er sagt schon längst gehegte, Meinung dahin auszusprechen, daß die Form der Erde nicht immer constant sein könne, sondern daß die Erde eine fortwährend veränderliche ellipsoidale Gestalt darbiete, d. h. daß sie ein beständiges Bestreben habe, sich in der Richtung der Verbindungslinie ihres Mittelpunktes mit dem Monde und der Sonne aufzubiegen. Ich habe immer geglaubt, sagt Zantedeschi, daß man davon einen direkten Beweis erhalten könne, wenn man nur an irgend einem Orte zur Zeit der Flut und zur Zeit der Ebbe die Position irgend eines Punktes auf dem Himmelsgewölbe bestimmen würde; dieser Punkt müßte niedriger erscheinen zur Zeit der Flut und der Syzygien. Er fordert zugleich das Pariser Observatorium auf, diese Beobachtungen anzustellen.

Dieser Brief Zantedeschi's an Elie de Beaumont ist mir erst bekannt geworden, nachdem ich die vorliegenden Betrachtungen in der Hauptsache schon niedergeschrieben hatte. Er schien mir dieselben nicht überflüssig zu machen; aber ich war erfreut, darin den Beweis zu finden, daß meine oben entwickelten Ansichten in einem wesentlichen Punkte mit denen eines so bekannten Forschers zusammentreffen und sich berühren.

§. 20. Ich kann nicht umhin, noch eine weitere Consequenz anzudeuten, wenn ich auch auf ihre ausführlichere Durchführung und Begründung hier nicht eingehen kann.

Denken wir uns die glutflüssige Masse des Erdkörpers von der starren Rinde bedeckt, so wird die flüssige Masse im Allgemeinen das enorme Gewicht der darauf liegenden festen Rinde zu tragen haben. Nehmen wir nun an, diese Rinde biege sich an irgend einer Stelle bleibend auf, so wird wegen des überall wir-

kenden Druckes die flüssige Masse nachzudringen, und beständig mit der Rinde in Berührung zu bleiben suchen. Aber wenn nun nicht an irgend einer anderen Stelle der Erde die Rinde in Folge dessen einsinkt, so muß, da die flüssige Masse nicht vermehrt wird, an jener ersten oder an irgend einer anderen Stelle die Berührung zwischen der flüssigen Masse und der festen Rinde aufhören, so daß ein hohler Raum entsteht. Trägt sich nun die in Folge dessen in einer größeren oder kleineren Erstreckung hohl liegende starre Rinde, ohne einzusinken, bis zur nächsten Flutwelle, so muß diese nicht nur eine Biegung, wie sie die regelmäßige Pulsation begleitet, sondern eine heftige Erschütterung jenes Theiles der Erdrinde zur Folge haben. Denn nun wirkt dort mit der zunehmenden Attraction des Mondes nicht etwa nur ein allmählig wachsender Druck auf die Rinde, sondern große Massen der inneren glühenden Flüssigkeit, welche mit beschleunigter Geschwindigkeit in die Höhlung eindringen, müssen nun das ganze Trägheitsmoment ihrer Bewegung, wenn sie endlich an der festen Rinde anprallen, in plötzlichem Stoße verlieren.

Es sind sehr mannigfaltige Versuche gemacht worden, zu klaren Vorstellungen über die Ursache der Erdbeben und der vulkanischen Eruptionen zu gelangen. Die meisten dieser Versuche haben vor der fortschreitenden Wissenschaft nach kurzer Zeit jede innere Wahrscheinlichkeit eingebüßt; eine Ausnahme hievon macht die Theorie des jüngeren Herrschel, in der Modification, die sie von G. Bischoff erhalten hat; diese Theorie führt die gesammten vulkanischen Erscheinungen auf die Wirkungen der Wasserdämpfe zurück, welche in Berührung mit den glutflüssigen Massen des Inneren aus dem in die Tiefe sinkenden Quellwasser und Meerwasser entwickelt werden.

Es ist kein Zweifel, daß diese Theorie zur Erklärung mannigfaltiger vulkanischer Ausbrüche genügt, aber schwerlich dürfte die Mehrzahl der Erschütterungen der Erdrinde allein auf Rechnung hochgespannter Wasserdämpfe zu setzen sein. Es scheint mir wünschenswerth, daß bei den Erklärungsversuchen der Erdbeben in Zukunft auch auf das mögliche und wahrscheinliche Hohlliegen

einzelner Strecken der Erdrinde, und auf die Wucht des Stoßes der anprallenden glutflüssigen Flut Rücksicht genommen werde.

Wenn die allzu kurz zugemessene Muße, die mir bei mannigfachen anderen Arbeiten zu erübrigen vergönnt ist, es mir gestattet, so hoffe ich bei anderer Gelegenheit ausführlicher auf diese hier nur kurz berührte, wahrscheinlich mitwirkende, Ursache der Erdbeben zurückkommen zu können.

Gedruckt bei Kaufmann in Mannheim.